



Electrónica Microcontrolada-TST-2022

Profesores:

JORGE E. MORALES

C. GONZALO VERA

AÑO: 2022



ESP32 NODE MCU

ESP32 - WiFi & Bluetooth SoC Module

Creado por Espressif Systems, ESP32 es un sistema de bajo consumo y bajo costo en un chip SoC (System On Chip) con Wi-Fi y modo dual con Bluetooth!

En el fondo, hay un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 de doble núcleo o de solo núcleo con una frecuencia de reloj de hasta 240MHz. ESP32 está altamente integrado con switch de antena, balún para RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción con bajo nivel de ruido, filtros y módulos de administración de energía, totalmente integrados dentro del mismo chip.

Diseñado para dispositivos móviles; tanto en las aplicaciones de electrónica, y la de IoT (Internet de las cosas), ESP32 logran un consumo de energía ultra bajo a través de funciones de ahorro de energía Incluye la sintonización de reloj con una resolución fina, modos de potencia múltiple y escalado de potencia dinámica.

Características principales:

- ☒ Procesador principal: Tensilica Xtensa LX6 de 32 bits.
- ☒ Wi-Fi: 802.11 b / g / n / e / i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit / s).
- ☒ Bluetooth: v4.2 BR / EDR y Bluetooth Low Energy (BLE).
- ☒ Frecuencia de Clock: Programable, hasta 240MHz.
- ☒ Rendimiento: hasta 600DMIPS.
- ☒ ROM: 448KB, para arranque y funciones básicas.
- ☒ SRAM: 520KiB, para datos e instrucciones.



CARACTERÍSTICAS

ESP8266

ESP32



Microprocesador	Xtensa Single-core 32-bit L106	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 con 600 DMIPS
Wi-Fi (802.11 b / g / n)	HT20	HT40
Bluetooth	No posee	Bluetooth 4.2 y BLE
Frecuencia de operación (valor típico)	80 MHz	160 MHz
SRAM	No posee	448 KB
Flash	No posee	520 KB
GPIO	17	34
PWM (hardware)	No posee	No posee
PWM (software)	8 canales	16 canales
SPI	2	4
I2C	1	2
I2S	2	2
UART	2	2
ADC	10-bits de resolución	12-bits de resolución
CAN	No	Sí
Interfaz MAC Ethernet	No	Sí
Sensor de tacto	No	Sí
Sensor de temperatura	No	Sí (solo las versiones antiguas)
Sensor de efecto hall	No	Sí
Temperatura de trabajo	-40°C to 125°C	-40°C to 125°C

Fig.1 Comparativa ESP32 vs ESP8266

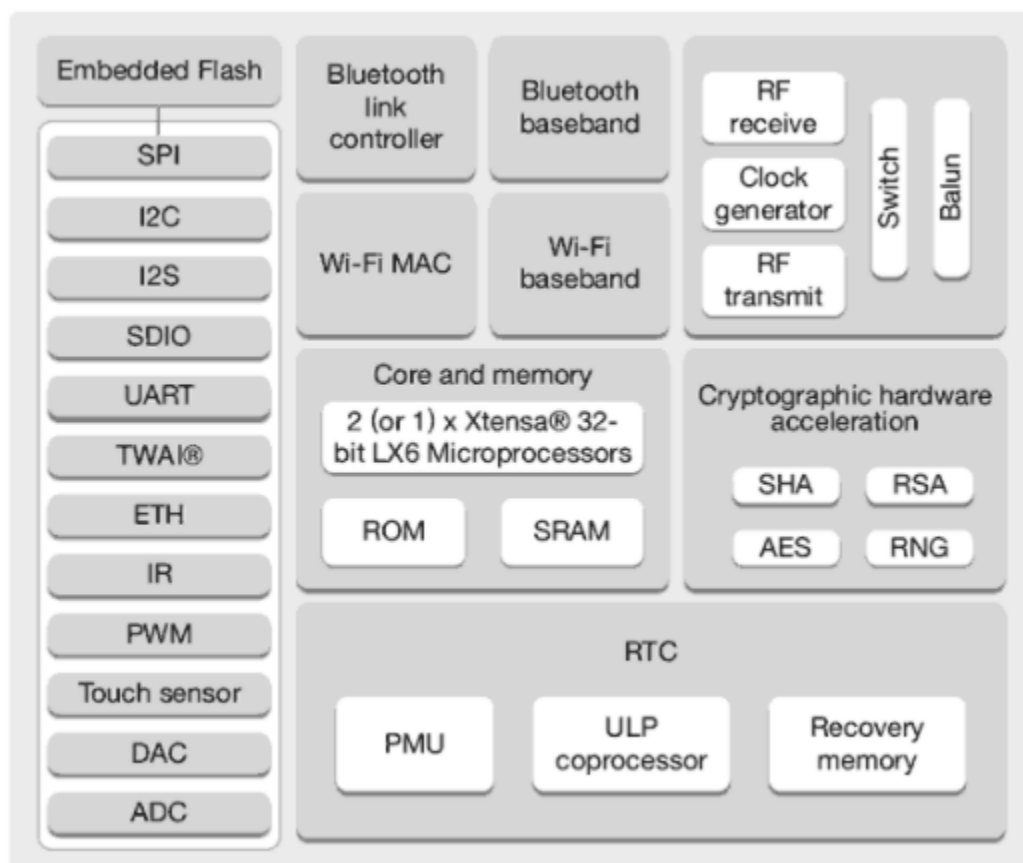


Fig.2 Diagrama en Bloques del ESP32

Conectividad inalámbrica

El chip cuenta con conectividad WiFi, siendo compatible con 802.11 b/g/n en la banda de los 2.4GHz, alcanzando velocidades de hasta 150 Mbits/s. También incluye comunicación Bluetooth compatible con Bluetooth v4.2 y Bluetooth Low Energy (BLE).

El bloque de radio está estrechamente ligado a los módulos de comunicación inalámbricos. De hecho, este es el que realmente transmite y recibe la información.

El ESP32 cuenta con dos microprocesadores de bajo consumo Tensilica Xtensa de 32 bits LX6.

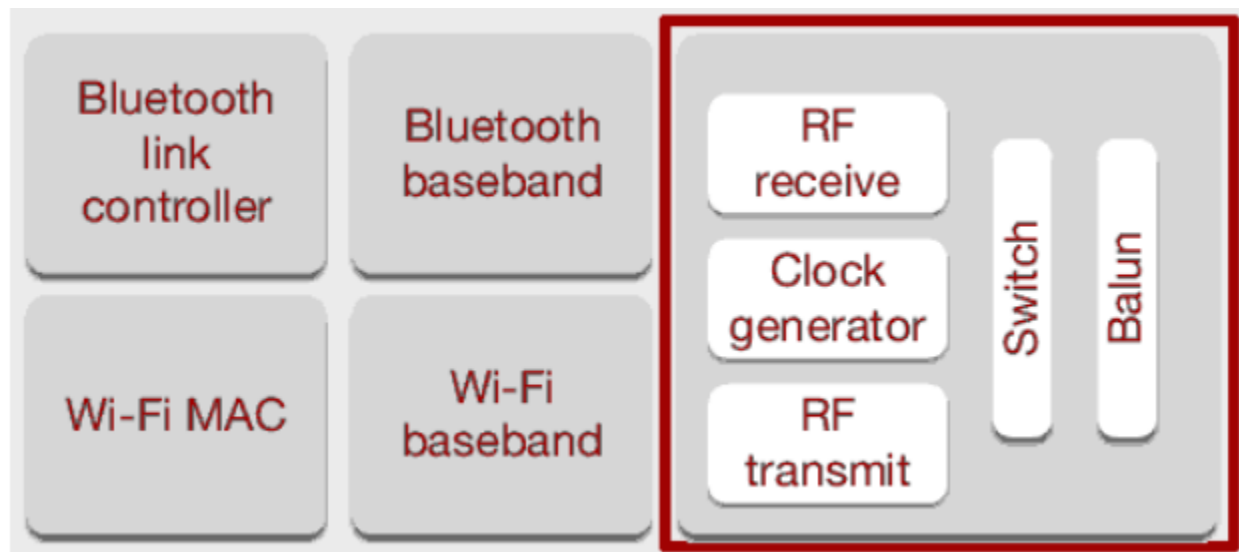


Fig.3 Diagrama en Bloques del ESP32 -CONECTIVIDAD INALAMBRICA

Núcleo

Pero, además, cuenta con un co-procesador de ultra bajo consumo que es utilizado para realizar conversiones analógico-digital y otras operaciones mientras el dispositivo se encuentra funcionando en el modo de bajo consumo deep sleep. De esta forma, se consigue un consumo muy bajo por parte del SoC.

Es importante destacar que estos procesadores ofrecen grandes ventajas típicas de un procesador digital de señales:

- Frecuencia de operación: 240 MHz (ejecuta instrucciones 15 veces más rápido que una placa Arduino UNO)
- Permite realizar operaciones con números reales (números con coma) de forma muy eficiente.
- Permite realizar multiplicaciones de números grandes de forma instantánea.

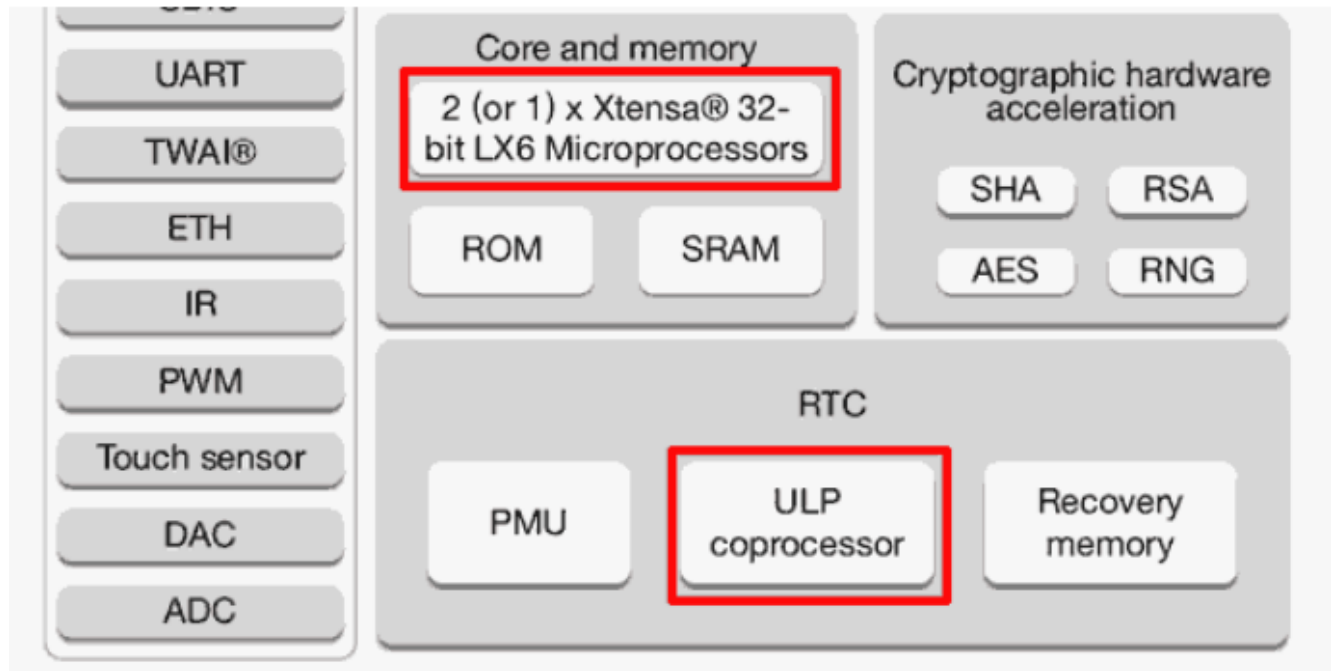


Fig.4 Diagrama en Bloques del ESP32 - NUCLEO

Memorias

En la mayoría de los microcontroladores en que se basan las placas Arduino hay tres tipos de memorias:

1. Memoria de programa: para almacenar el sketch.
2. Memoria SRAM: para almacenar las variables que se utilizan en el código.
3. Memoria EEPROM: para almacenar variables que no pierdan su valor aun cuando el dispositivo esté apagado.

En los ESP32 no ocurre así, de hecho, en ellos se encuentran más tipos de memorias que se suelen clasificar en internas y externas.

Las memorias internas son aquellas que se encuentran ya incluidas en el SoC, y las externas son aquellas que se pueden adicionar para expandir la capacidad del sistema.

Muchas placas de desarrollo basadas en ESP32 añaden memorias externas para lograr un sistema con mejores prestaciones.

En las memorias internas se encuentran:

- Memoria ROM (448 KiB): esta memoria es de solo escritura, es decir que no la puedes reprogramar. Aquí es donde se almacenan los códigos que manejan la pila Bluetooth, el control de la capa física de la Wifi, algunas rutinas de propósito general y el cargador de arranque (bootloader) para iniciar el código de la memoria externa.
- Memoria SRAM interna (520 KiB): esta memoria es utilizada por el procesador para almacenar tanto datos como instrucciones. Su ventaja es que, para el procesador, es mucho más fácil acceder a esta que a la SRAM externa.
- RTC SRAM (16 KiB): esta memoria es utilizada por el co-procesador cuando el dispositivo opera en modo deep sleep.
- Efuse (1 Kilobit): 256 bits de esta memoria son utilizados por el propio sistema y los 768 bits restantes están reservados para otras aplicaciones.
- Flash empotrada (Embedded flash): en esta memoria es donde se almacena el código de nuestra aplicación.

La cantidad de memoria varía en dependencia del chip utilizado:

- 0 MiB (chips ESP32-D0WDQ6, ESP32-D0WD y ESP32-S0WD)
- 2 MiB (chip ESP32-D2WD)
- 4 MiB (módulo SiP ESP32-PICO-D4)

Para los ESP32 que no poseen memoria empotrada o simplemente cuando la memoria es insuficiente para tu aplicación, es posible adicionar más memoria de forma externa:

- Se pueden agregar hasta 16 MiB de memoria flash externa. De esta forma puedes desarrollar aplicaciones más complejas.
- También admite, hasta 8 MiB de memoria SRAM externa. Por lo tanto, es difícil que te encuentres limitado en memoria al implementar una aplicación utilizando esta plataforma.

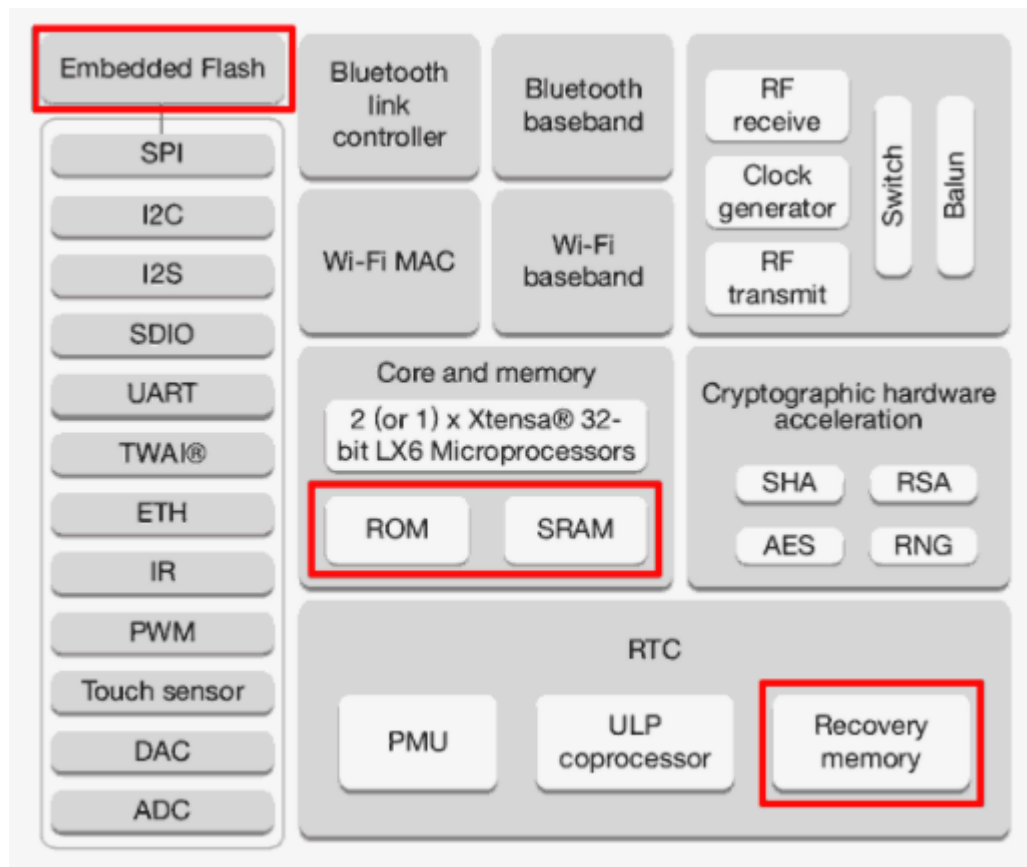
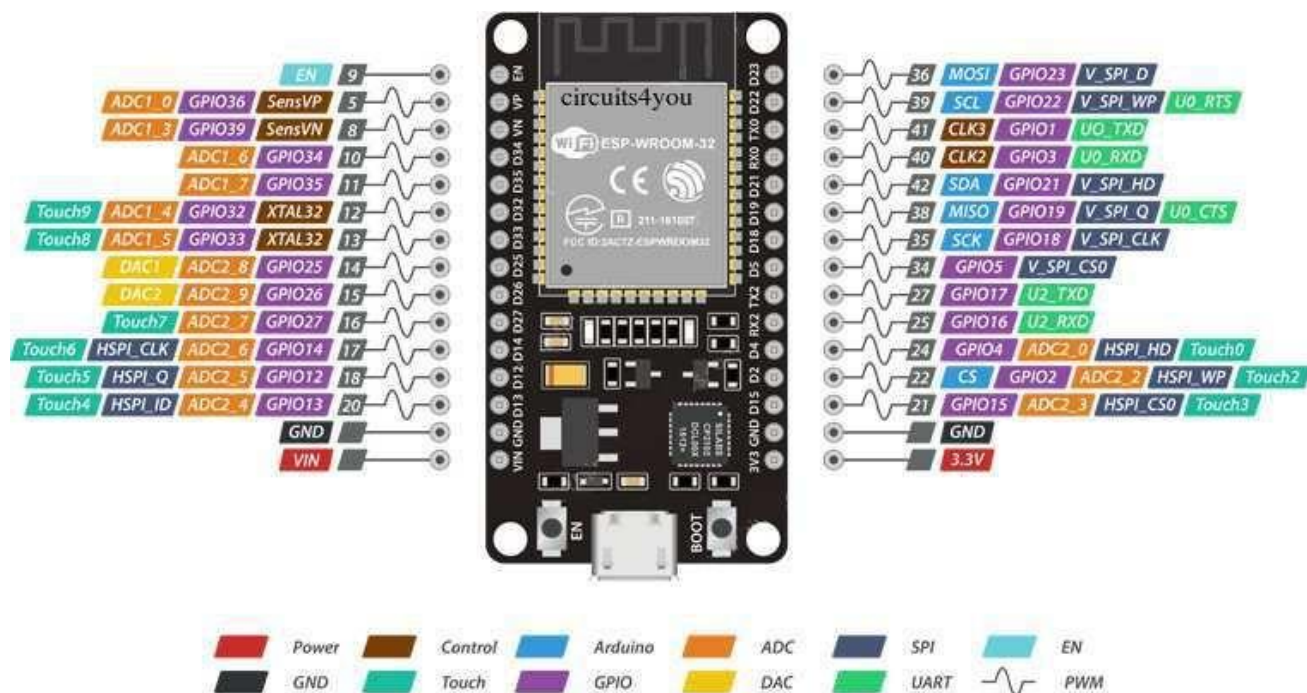


Fig.5 Diagrama en Bloques del ESP32 - MEMORIAS

PIN OUT



ESP32 Dev. Board Pinout



Periféricos:

El ESP32 cuenta con un gran conjunto de periféricos. Aunque son similares a los que poseen otros microcontroladores presentan sus diferencias.

Pines digitales:

El ESP32 cuenta con un total de 34 pines digitales. Estos pines, al igual que en cualquier placa Arduino, permiten agregar LEDs, botones, zumbadores, y un largo etc. a nuestros proyectos.

La mayoría de estos pines admiten el uso de pull-up , pull-down internos y también el estado de alta impedancia. Esto los hace ideales para conectar botones y teclados matriciales, así como para aplicar técnicas de control de LEDs como la conocida Charlieplexin.

Convertor analógico digital:

Algunos de los pines también pueden ser utilizados para interactuar con sensores analógicos, es decir, como si fueran los pines analógicos de una placa Arduino.

Para esto el ESP32 cuenta con un convertor analógico digital de 12-bits y 18 canales, es decir, que puedes tomar lecturas de hasta 18 sensores analógicos.

Esto te permite desarrollar aplicaciones conectadas muy compactas, incluso cuando se empleen varios sensores analógicos.

Convertor digital analógico:

En la mayoría de las placas Arduino se utilizan señales PWM para generar voltajes analógicos. El ESP32 cuenta con dos convertidores digital analógico.

Esto permite generar dos señales de voltaje analógicas puras. Dichos convertidores, pueden ser utilizados para:

- controlar un circuito analógico manipular la intensidad de un LED o incluso agregar un pequeño amplificador y un altavoz a tu proyecto para reproducir una canción.

Sensor táctil:

En caso de que quieras desarrollar aplicaciones con una interfaz libre de botones mecánicos. Puedes utilizar los pines sensibles al tacto presentes en los ESP32.

Estos pines son capaces de detectar las pequeñas variaciones producidas al acercar un dedo al pin. De esta forma, es posible crear todo tipo de controles como botones o barras de deslizamiento sin necesidad de utilizar componentes mecánicos.

Controlador SD/SDIO/MMC:

Este periférico permite al ESP32 interactuar con tarjetas SD y MMC directamente. De hecho, combinando este controlador con el conversor digital analógico es posible mejorar nuestro pequeño reproductor de audio.

UART:

Muchos microcontroladores cuentan con módulos UART, que en Arduino son conocidos como puertos Serial. Estos permiten establecer comunicaciones asíncronas entre dos dispositivos utilizando solamente dos pines.

El ESP32 cuenta con tres puertos UART:

1. UART0
2. UART1
3. UART2

Todos estos son compatibles con los protocolos RS-232, RS-485 e IrDA.

Pines I2C ESP32:

Los ESP32 cuentan con dos interfaces I2C o TWI que admiten los modos de operación maestro y esclavo. Entre sus características destacan:

Modo estándar (100 Kbit/s)
Modo rápido (400 Kbit/s)
Direccionamiento de 7 y 10 bits

Controlador remoto infrarrojo:

El ESP32 también permite la transmisión y recepción de señales utilizando varios protocolos infrarrojos (iguales a los que utiliza el mando de la televisión).

Por lo tanto, también puedes utilizar tu ESP32 para crear tu propio control remoto que te permita interactuar con tu TV o tu equipo de música.

PWM:

Al igual que el ESP8266, el ESP32 también soporta el uso de salidas analógicas utilizando PWM. La gran diferencia es que en un ESP32 es posible utilizar hasta 16 pines como salidas PWM, una gran diferencia ante un ESP8266 que solo admite 8 o una placa Arduino UNO que solo soporta 6.

SPI:

El ESP32 también cuenta con comunicación SPI. Cuenta con tres buses totalmente funcionales:

Cuatro modos de transferencia: esto significa que es compatible con todos o casi todos los dispositivos SPI y QSPI disponibles en el mercado.

Todos los puertos SPI son capaces de alcanzar altas velocidades (teóricamente hasta 80 MHz).

Buffer de 64 bytes para transmisión y recepción.

Aceleradores de hardware para criptografía:

Uno de los factores más importantes en cualquier sistema es la seguridad. Es por eso, que el ESP32 cuenta con aceleradores de algoritmos orientados a la encriptación:

AES (FIPS PUB 197)

SHA (FIPS PUB 180-4)

RSA

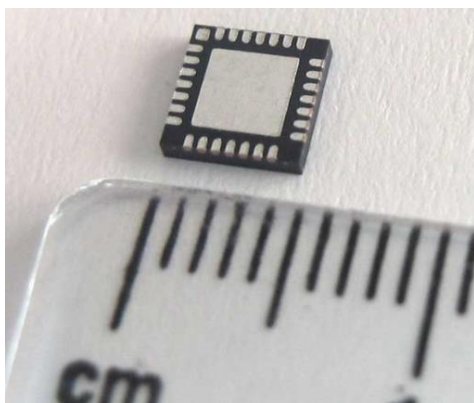
ETC

Estos aceleradores permiten incrementar la velocidad de operación y reducir la complejidad del software permitiendo encriptado y des-encriptado dinámico. De esta forma, se protege al sistema de posibles ataques de hackeo que pretendan obtener el código almacenado.

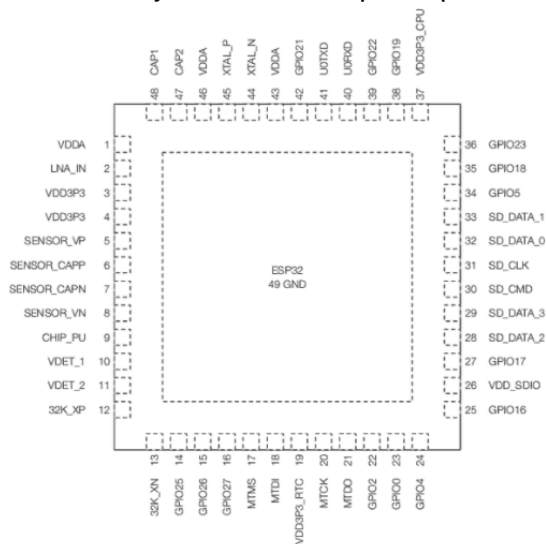
¿Con qué formato y funcionalidad puedes encontrar al chip ESP32?:

Al igual que ocurre con la familia ESP8266, encuentras una gran variedad de modelos de ESP32 en el mercado. De modo general, lo puedes encontrar en cuatro formatos:

- SoC (sistema en chip)
- SiP (sistema en paquete)
- Módulos PCB
- Placas de desarrollo



El **ESP32-D0WD** cuenta con un encapsulado QFN-48 de 5mm x 5mm, un tanto menor que el ESP32-D0WDQ6. El hecho de utilizar un encapsulado diferente provoca que la posición de los pines cambie, aunque funcionalmente posee la misma cantidad y funcionalidad que su predecesor.



El **ESP32-D2WD** es una variación del ESP32-D0WD que cuenta con 2 MiB de memoria flash adicional. Si bien esto es una ventaja cabe destacar que los pines GPIO16, GPIO17, SD_CMD, SD_CLK, SD_DATA_0 y SD_DATA_1 son utilizados internamente para conectar dicha memoria. Eso implica que no deben ser utilizados para otras tareas.



El **ESP32-S0WD** es una variación en la que solo se ha incluido un procesador, a diferencia de los otros chips que cuentan con dos. Exceptuando esta diferencia, es funcionalmente similar a un ESP32-D0WD








El **ESP32-PICO-D4** es un módulo SiP con encapsulado de 7mm x 7mm de tipo QFN-48. La gran ventaja de este chip frente a los anteriores es que requiere muy pocos componentes externos, ya que en su interior cuenta con:

- cristal oscilador de 40 MHz
- 4MiB memoria flash adicional
- capacitores de filtrado
- adaptadores para enlaces de radiofrecuencia

Este módulo es empleado en una gran variedad de placas de desarrollo, entre las que destacan:

ESP32-ZERO V2
ESP32-PICO Core Board V2
ESP32-PICO-KIT (versiones 3 y 4)
ESP32-PICO Motherboard
ESP32-PICO-CAM



ID	CPU	FLASH	ENCAPSULADO	DETALLES
ESP32-D0WDQ6	2	0 MiB		Primer chip de la familia ESP32
ESP32-D0WD	2	0 MiB		Similar al ESP32-D0WDQ6 pero de menor tamaño.
ESP32-D2WD*	2	2 MiB		ESP32-D2WD *
ESP32-S0WD	1	0 MiB		Variación de ESP32 con un solo procesador
ESP32-PICO-D4*	2	4 MiB		Módulo SiP con mayor nivel de integración (requiere menos componentes externos)

Diferentes placas de desarrollo:



ESP32 SX1278 (LoRa)



ESP32 con OLED



ESP32 con soporte de batería



Sparkfun ESP32 Thing



Adafruit ESP32 Feather



ESP32 DEV KIT DOIT